



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電気絶縁性の基板、前記基板上に形成された作用極と対極を有する電極系、および前記電極系上に形成された反応層を具備し、前記反応層が、ピロロキノリンキノンを補酵素として結合したデヒドロゲナーゼおよび電子受容体を含有することを特徴とするバイオセンサ。

【請求項2】 前記反応層が、さらにピロロキノリンキノンを含有する請求項1記載のバイオセンサ。

【請求項3】 前記ピロロキノリンキノンの含有量が、反応層1平方センチメートル当たり、 $1 \cdot 5 \times 10^{-6} \sim 1 \cdot 5 \times 10^{-4}$  gである請求項2記載のバイオセンサ。

【請求項4】 前記ピロロキノリンキノンを補酵素として結合したデヒドロゲナーゼが、グルコースデヒドロゲナーゼまたはフルクトースデヒドロゲナーゼである請求項1または2記載のバイオセンサ。

【請求項5】 前記グルコースデヒドロゲナーゼの含有量が、反応層1平方センチメートル当たり1ユニットから200ユニットである請求項4記載のバイオセンサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、血液、尿等の生体試料、食品工業における原料や製品、さらに果汁等の試料中に含まれる基質（特定成分）を高精度で、迅速かつ容易に定量できるバイオセンサに関する。

## 【0002】

【従来の技術】生体試料および食品中の特定成分（基質）を、試料液の希釈および攪拌などを行なうことなく、簡易に定量し得るバイオセンサが提案されている。その一例として、特開平3-202764号公報には、絶縁性基板上にスクリーン印刷などの方法によって電極系を形成し、この電極系上に酸化還元酵素および電子受容体を含有する反応層を形成したバイオセンサが開示されている。このバイオセンサは、以下のようにして、試料中の基質濃度を定量する。まず、試料液をバイオセンサの反応層上に滴下することにより、反応層が溶解し、試料液中の基質と反応層の酸化還元酵素との間で酵素反応が進行する。この酵素反応に伴い、電子受容体が還元される。一定時間後、センサの電極に電圧を印加して、この還元された電子受容体を電気化学的に酸化し、このとき得られる酸化電流値から試料液中の基質濃度を定量することができる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】このようなバイオセンサのうち、グルコースセンサには、一般に酸化還元酵素としてグルコースオキシダーゼを用いることが知られている。しかし、グルコースオキシダーゼを用いると、酵素反応に伴い電子受容体が還元されるのと同時に、試料液中の溶存酸素も還元される。電子受容体の還元体は、電気化学的に容易に酸化することができるが、溶存酸素

2

の還元体である過酸化水素は、容易に酸化できない。そのため、センサの電極に電圧を印加して得られる酸化電流値は、電子受容体の還元体を酸化した量に相当し、過酸化水素を酸化した量は含まれない。よって、得られる酸化電流値から、もとの基質濃度を正確に定量することはできない。基質濃度を正確に定量するためには、試料液の溶存酸素量を予め定量するなどの操作を必要とした。本発明は、試料液中の溶存酸素の影響を受けずにグルコースなどの基質濃度を正確に測定できるバイオセンサを提供することを目的とする。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】上記課題に鑑み、本発明のバイオセンサは、電気絶縁性の基板、前記基板上に形成された作用極と対極を有する電極系、および前記電極系上に形成された反応層を具備し、前記反応層が、ピロロキノリンキノンを補酵素として結合したデヒドロゲナーゼおよび電子受容体を含有する。

## 【0005】

【発明の実施の形態】本発明のバイオセンサは、その反応層にピロロキノリンキノンを補酵素として結合したデヒドロゲナーゼ含有することを特徴とする。このピロロキノリンキノンを補酵素として結合したデヒドロゲナーゼは、基質との酵素反応に伴い電子受容体のみを還元する。そのため、得られる酸化電流値から基質の濃度を正確に定量することができる。このようなピロロキノリンキノンを補酵素として結合したデヒドロゲナーゼには、グルコースデヒドロゲナーゼやフルクトースデヒドロゲナーゼが挙げられる。それらの含有量は、反応層1平方センチメートル当たり、1~200ユニットが好ましい。さらに好ましくは、4~100ユニットである。ただし、1ユニットは、 $1 \mu\text{m}\text{o}\text{l}$  の基質を1分間で酸化させる酸化還元酵素の量を表す。グルコースデヒドロゲナーゼの含有量が、反応層1平方センチメートル当たり1ユニット未満では、測定時に数分以上の時間が必要となる。また、グルコースデヒドロゲナーゼの含有量が、反応層1平方センチメートル当たり200ユニットを上回ると、製造コストが高くなり、さらに反応層形成時に、反応層が割れて応答電流値にばらつきを生じ易くなる。

40 【0006】本発明によるバイオセンサの反応層が、上記したデヒドロゲナーゼに加えて、さらにピロロキノリンキノンを含有すると、検出感度が向上し、より広範な基質濃度域に対応できるようになるため好ましい。ピロロキノリンキノンとしては、ピロロキノリンキノンのナトリウム塩を用いることができる。さらに、ピロロキノリンキノンの含有量は、反応層1平方センチメートル当たり、 $1 \cdot 5 \times 10^{-6} \sim 1 \cdot 5 \times 10^{-4}$  gであることが好ましい。より好ましくは $1 \cdot 0 \times 10^{-6} \sim 8 \cdot 0 \times 10^{-6}$  gである。さらに、本発明による反応層は、電子受容体を含有する。電子受容体としては、フェリシアント

オン、P-ベンゾキノンおよびその誘導体、フェナジンメトサルフェート、メチレンブルー、フェロセンおよびその誘導体が挙げられる。電子受容体は、これらの1種またはそれ以上が用いられる。特に、フェリシアンイオンを用いることが好ましい。

【0007】本発明によるバイオセンサの反応層には、上記酵素類や電子受容体の他に、親水性高分子を含有させてもよい。反応層中に親水性高分子を添加することにより、電極系表面からの反応層剥離を防ぐことができる。さらに、反応層表面のわれを防ぐ効果も有しており、バイオセンサの信頼性を高めるのに効果的である。このような親水性高分子としては、カルボキシメチルセルロース、ヒドロキシエチルセルロース、ヒドロキシプロピルセルロース、メチルセルロース、エチルセルロース、エチルヒドロキシエチルセルロース、カルボキシメチルエチルセルロース、ポリビニルピロリドン、ポリビニルアルコール、ポリリジンなどのポリアミノ酸、ポリスチレンスルホン酸、ゼラチンおよびその誘導体、アクリル酸およびその塩、メタアクリル酸およびその塩、スターチおよびその誘導体、無水マレイン酸およびその塩が挙げられる。特に、カルボキシメチルセルロースが好適に用いられる。酸化電流の測定方法としては、測定極と対極のみの二極電極系方式と、参照極を加えた三電極方式があり、三電極方式の方がより正確な測定が可能である。

#### 【0008】

【実施例】以下に、具体的な実施例を挙げて、本発明をより詳細に説明する。図1は、本発明によるバイオセンサの反応層を取り除いた概略平面図である。ポリエチレンテレフタレートからなる電気絶縁性の基板1上に、スクリーン印刷により銀ペーストを印刷し、リード2、3を形成している。次いで、樹脂バインダーを含む導電性カーボンペーストを基板1上に印刷して作用極4を形成している。この作用極4は、リード2と接触している。さらに、この基板1上に、絶縁性ペーストを印刷して絶縁層6を形成している。絶縁層6は、作用極4の外周部を覆っており、これにより作用極4の露出部分の面積を一定に保っている。そして、樹脂バインダーを含む導電性カーボンペーストをリード3と接触するように基板1上に印刷してリング状の対極5を形成している。電気絶縁性の基板には、ポリエチレンテレフタレートなどの合成樹脂板が用いられる。また、上記リードおよび電極の材料としては、銀やカーボン以外にも、白金、金、およびパラジウム等が用いられる。図2は、本発明によるバイオセンサの縦断面図である。図1のようにして電極系を形成した電気絶縁性の基板1上に、酵素類および電子受容体を含む反応層7を形成してある。

【0009】《実施例1》図1の基板1の電極系上に、グルコースデヒドロゲナーゼ（以下、G D Hと略す。）とフェリシアン化カリウムの混合水溶液を滴下し、乾燥

させて反応層7を形成した。この反応層7内に含まれるG D Hの量は、反応層1平方センチメートル当たり30ユニットであった。次に、反応層7上に、グルコース水溶液を滴下した。グルコースを含む試料液が反応層に供給されると、試料液内のグルコースは、グルコースデヒドロゲナーゼにより酸化される。そして、これと同時に反応層中の電子受容体が還元される。続いて、滴下した1分後に、対極5に対して作用極4に+0.5Vの電圧を印加して電子受容体の還元体を酸化した。そして、5秒後の電流値を測定した。この電流値は、生成した電子受容体の還元体の濃度、すなわち試料液内基質濃度に比例するので、この電流値を測定することにより、試料液内のグルコース濃度を求めることができる。試料として、溶存酸素濃度を約30mM Hgおよび約180mM Hgにそれぞれ調整した2種類のグルコース水溶液について、そのグルコース濃度を種々変化させた試料を用いた。その結果、得られた応答電流値とグルコース濃度との間には、一定の相関性があり、溶存酸素の濃度に関わらず良好な直線性を示した。

【0010】《比較例1》グルコースデヒドロゲナーゼの代わりに、グルコースオキシダーゼを用いるほかは、実施例1と同様にして反応層7を形成した。そして、実施例1と同じ試料を用いて、応答電流値とグルコース濃度の間の相関性を調べた。その結果、得られた応答電流値は、溶存酸素濃度によって差があり、溶存酸素濃度が高い方が、応答電流値が低くなる傾向が得られた。

【0011】《実施例2》図2の基板1の電極系上に、G D H、フェリシアン化カリウムおよびピロロキノリンキノン（以下、P Q Qと略す。）の混合水溶液を滴下し、乾燥させて反応層7を形成した。この反応層7内に含まれるG D HおよびP Q Qの量は、反応層1平方センチメートル当たり、それぞれ20ユニットおよび4.5×10<sup>-5</sup>gであった。そして、実施例1と同じ試料を用いて、応答電流値とグルコース濃度の間の相関性を調べた。その結果、得られた応答電流値とグルコース濃度の間には、実施例1よりもさらに高い相関性があった。

【0012】《実施例3》図2の基板1の電極系上に、フルクトースデヒドロゲナーゼ（以下、F D Hと略す。）とフェリシアン化カリウムの混合水溶液を滴下し、乾燥させて反応層7を形成した。そして、実施例1と同じ試料を用いて、応答電流値とグルコース濃度の間の相関性を調べた。その結果、得られた応答電流値とグルコース濃度の間には、高い相関性が得られた。また、これは試料液の溶存酸素に影響を受けなかった。さらに、P Q Qを反応層中に添加すると、応答特性がより高まった。

#### 【0013】

【発明の効果】以上より、本発明によれば、血液、尿等の生体試料、食品工業における原料や製品などの試料中に含まれる基質（特定成分）を高精度で、迅速かつ容易

5

6

に定量し得るバイオセンサを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例におけるバイオセンサの反応層を除いた概略平面図である。

【図2】同バイオセンサの要部の縦断面図である。

【符号の説明】

1 電気絶縁性の基板

2、3 リード

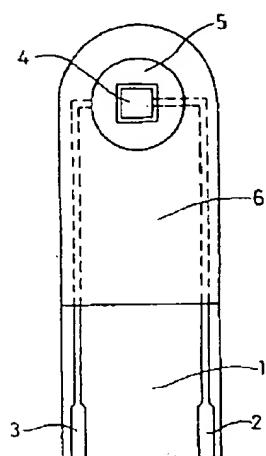
4 作用極

5 対極

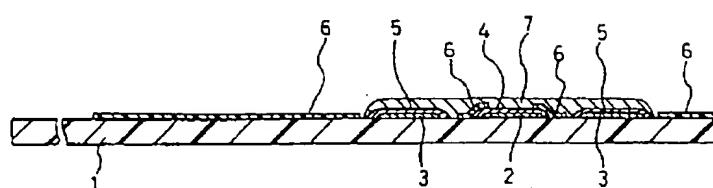
6 絶縁層

7 反応層

【図1】



【図2】



1: 電気絶縁性の基板

4: 作用極

5: 対極

7: 反応層